

浅析溢洪道结构设计优化

钟国华, 刘汉斌

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘要:南湃项目的溢洪道原设计为顺右岸冲沟曲线布置, 由引渠、溢流堰、进口明渠、溢洪洞、出口明渠组成。因明渠底板高程较低、进出口明渠边坡开挖高度较高, 从而使边坡开挖支护工程量较大。经优化后的溢洪道为直线, 由进口段、洞身段和出口段组成, 在满足使用功能和安全的前提下, 减小了安全威胁, 节约了工程成本。

关键词:溢洪道; 设计; 优化; 南湃水电站

中图分类号: TV7; TV222; TV652.1

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2016)增2-0048-04

1 工程概述

南湃水电站的溢洪道原设计为紧邻大坝上游右侧, 顺右岸冲沟布置, 80 m 长的引渠(渠底宽度为 20 m)接溢流堰(堰顶高程为 1 140 m, 开敞式溢流堰净宽 20 m), 再接长度为 166.57 m 的溢洪进口明渠(两个圆弧转弯段加一直段, 渠底宽 20 m), 水流束窄后接 270 m 长的溢洪洞(进口底板高程 1 129.5 m, 出口底板高程为 1 120.4 m, 坡度

为 3%, 溢洪洞净宽 6 m, 高 6.6 m, 顶拱为半径 3.6 m 的圆弧)穿山至下游侧另一冲沟出口, 所接的出口明渠长约 140 m(底宽 6 m)。由于溢洪进出口明渠均为顺冲沟布置, 明渠底板高程较低, 进口明渠边坡开挖高度为 60~70 m, 出口明渠边坡开挖高度为 20~30 m, 导致边坡开挖、支护工程量较大, 开挖量约 28 万 m³, 其平面布置情况见图 1。

2 初步优化方案

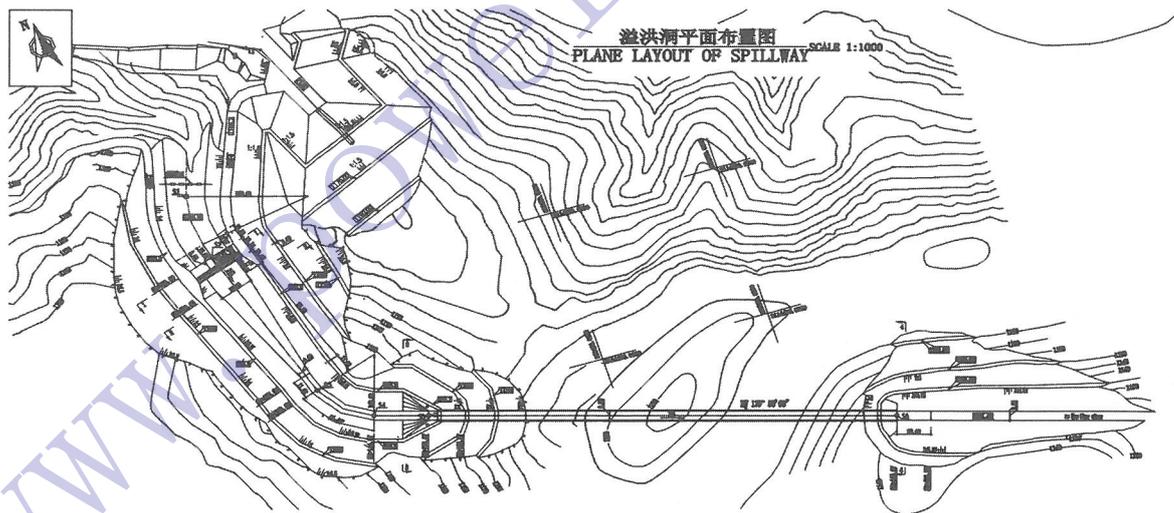


图1 溢洪道平面布置图

项目部进场对现场踏勘测量后, 结合实际地形和地质条件, 提出了溢洪道的初步设计优化布置方案: 溢洪道按直线布置, 溢流堰(堰顶高程不变, 仍为 1 140 m, 取消堰顶工作交通桥, 上坝道路由冲沟内绕行)布置在冲沟左侧山包位置, 进口明渠长度为 65 m, 明渠段坡度为 7.692%, 溢洪洞

从原溢流堰之前的冲沟右侧坝肩山体进洞(进口高程 1 129.5 m), 溢洪洞长度为 573.39 m, 坡度为 3%, 出口底板高程 1 112.3 m, 出口明渠长度约为 80 m, 具体优化布置情况见图 2。

初步优化后, 进出口明渠长度缩短约 230 m, 进口边坡开挖高度降为 30~40 m, 出口明渠边坡开挖高度降为 10~20 m, 溢洪洞长度增加 263 m。

收稿日期: 2016-07-26

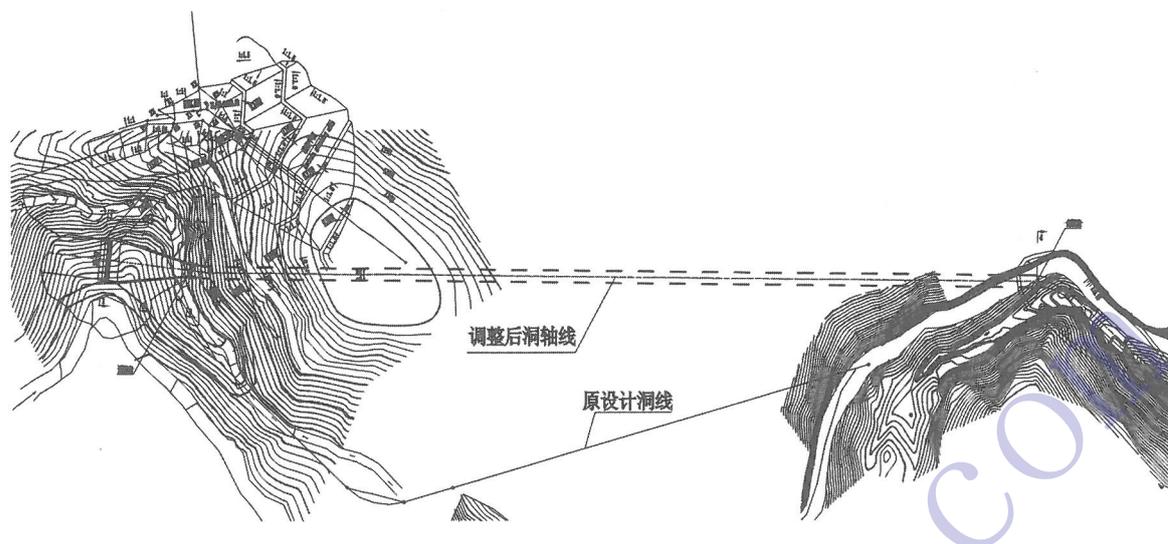


图2 溢泄洞轴线优化布置图

与原方案相比,该优化方案进出口明渠明挖和支护工程量减少约80%,增加洞室开挖和衬砌工程量近1倍,并且在冲沟右岸、溢流堰左侧需回填土石方形成一道挡水堤坝(堤顶高程1145 m)。工程量主要变化如下:减少土石方开挖约21万 m^3 、锚杆约1500根、喷混凝土约2200 m^3 ,增加石方洞挖约1.4万 m^3 、混凝土约1800 m^3 。根据合同单价计算对比,减少了工程成本,经济上可行。

3 水工模型试验

初步优化方案报经西北设计院细化审查后,西北设计院提出由于溢洪道水流变化较大、条件复杂,溢洪道已经按原设计方案完成了水工模型试验,形成试验报告后已经完善了原设计方案。

项目部提出的优化方案经设计人员简单进行水力学计算后认为在技术上大致可行,并且还有进一步优化的可能。但由于优化后溢洪道体型与原设计方案变化很大,西北设计院已完成的水工模型试验成果已不适用于优化的方案,必须按优化方案重新做水工模型试验,根据试验成果再进行优化方案的详细施工图设计。本着谁主张谁举证的原则,由于是项目部提出的优化方案,因此,由项目部委托有资质的水工模型试验单位完成优化方案的水工模型试验,并将试验成果提交西北设计院(审查合格有效后)用于完成优化方案的施工详图。

经西北设计院推荐,选择了西北农林科技大学进行优化方案的水工模型试验。

水工模型试验内容:

(1) 模型设计与制作。

试验模型按重力相似准则设计制作,根据试验技术要求,模型几何比尺定为 $L_r = 50$ 。其它相关物理量比尺如下:

$$\text{流量比尺 } Q_r = L_r^{5/2} = 17\,677.67$$

$$\text{流速比尺 } V_r = L_r^{1/2} = 7.071$$

$$\text{时间比尺 } T_r = L_r^{1/2} = 7.071$$

$$\text{糙率比尺 } n_r = L_r^{1/6} = 1.919$$

模型上游库区长度制做范围至溢洪洞进口以上165 m,即侧堰0+000断面以上85 m。库区宽度制作范围从溢洪洞中心线向左截取135 m,向右截取40 m,总宽度为175 m。库内地形模拟高程至1146.2 m。上游库区截取范围和地形制作可保证库内水面平静和侧堰泄洪流态相似。溢洪洞建筑物的侧堰、侧槽、收缩段及明流洞采用有机玻璃制作。模型下游制做的总长度为165 m,明流洞出口至下游20 m范围内按设计要求作了底部和边坡防护,防护段以下约120 m为动床,其后为50 m定床。下游两岸地形制作高程至1142.6 m。模型设计布置情况见图3。

下游动床以天然散粒体沙石铺设,模型沙石粒径为1~4 mm,抗冲流速在1~3 m/s之间。上游库水位测点布置在大坝桩号DL0+040、坝轴线以上90 m处;下游水位测点布置在明流洞出口以下150 m处。

(2) 原设计方案论证。

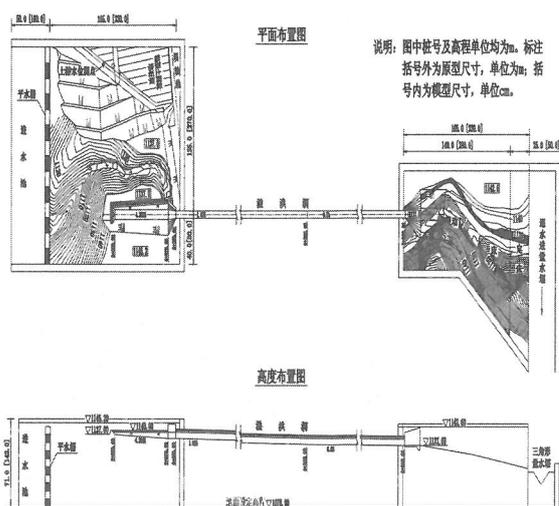


图3 溢洪洞水工试验模型布置图

根据设计单位提供的溢洪洞体型图,试验中作了局部修改和完善,对原方案的泄流能力、泄洪流态与水面线、压力分布、明流洞内流速分布进行了试验。其结论是:虽然在设计洪水位以上,侧堰为完全淹没泄流流态,但溢洪洞的泄流能力仍远大于设计值,洞身流态也很平稳。所以,适当减小溢洪洞的泄流能力、降低洞进口处的水面高程,使水流不封堵洞口并使洞顶有足够的净空为下一步修改试验的主要目标。

(3) 修改方案试验。

根据原设计方案试验验证结果,方案修改的主导思想是:在不改变侧槽段和整个明流洞段底坡的前提下减小侧堰长度,增加侧槽末端与明流洞进口之间的明流泄槽过渡段的长度,使水面在明槽内有足够的降落幅度,从而保证水流至明流洞口处时水面降低到安全高度以下。同时,控制明流泄槽横断面的宽度和高度,适当减小溢洪洞的泄流能力,使校核洪水位最大泄量与设计值相近。

为此,进行了5项修改方案试验。通过试验确定了以修改方案5作为溢洪洞侧堰侧槽及明流槽段体型的试验推荐方案,并对推荐方案进行了泄流能力、泄洪流态、水面线、压力分布、流速分布试验并得出了试验成果。

2014年10月25日,水工模型最终方案试验完成,试验报告经西北设计院审查合格有效。西北院根据试验成果出具了最终优化方案的施工详图。

4 最终优化方案

溢洪道最终优化方案由三大段:进口段、洞身段和出口段组成。

进口段:由护坦、“L”型溢流堰、两侧翼墙、右侧边坡、箱形涵管段组成。堰前护坦高程为1 137 m,正堰外侧宽10 m、侧堰外侧宽8 m。“L”型溢流堰为实用堰型,侧堰布置于面板堆石坝右坝肩右侧,正堰堰脚0+034(高程1 136 m)以4.167%的底坡向下至0+070 m(高程1 134.5 m)(底板宽10 m,设排水孔),其后0+070至0+080以10%底板向下与明流洞口衔接。桩号0+025.95~0+056为侧堰侧槽段;桩号0+056~0+070为对称椭圆翼墙段;桩号0+070~明流洞进口断面0+080为6 m等宽段。桩号0+060.46~0+080为混凝土箱形涵管段。

洞身段:桩号0+080~0+576.14段为溢洪洞身段,全长496.14 m。城门洞形,断面尺寸为6 m×7.09 m(宽×高),顶拱为半径3.2 m的圆弧,纵向坡度为1.65%、0.5%。洞身混凝土衬砌分A(进口)、B(Ⅲ类围岩)、C(Ⅳ类围岩)、D型(出口)四种衬砌形式,B型为底板边墙衬砌、顶拱喷锚支护,其余的A、C、D型洞段均为全断面C30混凝土衬砌,洞身段衬砌厚度为0.5 m、进出口段为0.7 m。洞内排水孔直径为56 mm,入岩3 m,间排距3 m;固结灌浆孔兼做回填灌浆孔,入岩4 m,排距3 m,梅花形布置,B型断面无固结回填灌浆。

出口段:由消力池、消能坎、护坦及明渠段组成。出口消力池底板高程1 124.05 m,长27.5 m,消力坎顶高程1 127.35 m。消力池后接20 m长的护坦,护坦后接40 m长的弧形明渠,底宽14 m,两侧为1:1的贴坡混凝土(底部设齿槽),底板高程1 124.1 m。护坦以后明渠段底板中间以钢筋石笼护面,尾部设3 m深齿槽护脚。

最终优化方案较初步优化方案更为优化,进一步缩短了堰渠长度约27 m,洞身长度减少了74.73 m,隧洞进口抬高4 m,出口抬高15.3 m,相应开挖工程量、支护和混凝土衬砌工程量大幅减少。洞内248 m为全断面钢筋混凝土衬砌,其余洞段底板和边墙钢筋混凝土衬砌至拱脚位置。

5 优化后的工程量及成本变化情况

最终优化后的工程量与招投标工程量对比情况见表1。

表 1 溢洪道最终优化后的工程量对比表

序号	项目名称	单位	原工程量(1)	优化后的工程量(2)	前后对比(1)-(2)	备注
1	河床覆盖层明挖	m ³	67 774	36 140	31 634	
2	石方明挖	m ³	212 160	23 610	188 550	
3	石方洞挖	m ³	15 969	24 860	-8 891	
4	土石方回填	m ³	1 908	15 600	-13 692	
5	固结灌浆钻岩石(洞内)	m	2 054	3 760	-1 706	
6	固结灌浆钻混凝土(洞内)	m	513	760	-247	
7	固结灌浆钻岩石(洞外)	m	500	500	0	
8	固结灌浆钻混凝土(洞外)	m	100	100	0	
9	耗灰量	t	372	700	-328	
10	回填灌浆	m ²	1 520	1480	40	
11	预埋 PVC 管	m	258	94	164	
12	排水孔 φ56(洞内)	m	1 974	3 000	-1 026	
13	排水孔孔口 PVC 管(φ50)(洞内)	m	60	450	-390	
14	排水孔 φ56(洞外)	m	3 918	1 236	2 682	
15	排水孔孔口 PVC 管(φ50)(洞外)	m	500	124	376.4	
16	锚杆 φ25 入岩 4.4 m, L=4.5 m	根	1 614	1 345	269	
17	锚杆 φ25 入岩 4.4 m, L=4.5 m	根	3 408	1 144	2 264	
18	锚杆 φ28 入岩 8.9 m, L=9 m	根	565	100	465	
19	锚杆 φ25 入岩 4.4 m, L=4.5 m	根	600	458	142	
20	喷混凝土(洞外)	m ³	3 393	1 030	2 363.1	
21	喷混凝土(洞内)	m ³	538	776	-238	
22	挂钢筋网	t	114	35	79.31	
23	钢支撑	t	15	94	-78.51	
24	混凝土 C20W4F50	m ³	1 100	1 885	-785	
25	混凝土 C25W4F50(工作桥)	m ³	340	0	340	
26	混凝土 C25W8F50	m ³	999	385	614	
27	混凝土 C20W8F50	m ³	3 828	694	3 133.82	
28	混凝土 C30W8F50	m ³	3912	5052	-1139.8	
29	I 级钢筋	t	13.82	10	3.82	
30	II 级钢筋	t	688	802	-113.6	
31	L-600 低发泡塑料板	m ²	288	600	-312	
32	651 型橡胶止水带	m	1 998	912	1 086.3	
33	挡墙浆砌石(M7.5)	m ³	0	400	-400	
34	工作桥栏杆	m ²	60	0	60	

根据合同单价计算,方案优化后的工程费用较合同价优化了 19.8%,降低了工程成本。

6 结 语

经对溢洪道结构优化后,进出口明渠大大减少了边坡面积、降低了边坡高度,减少了溢洪道出现高边坡垮塌的潜在安全隐患,有利于溢洪道今后的维护和长期运行安全且对工程进度有利,并且优化后将原进口部位的冲沟作为右岸坝肩开挖的弃渣场,减少运距 3 km,从而节省了右岸坝肩开挖的施工成本。因此,该优化方案是科学、安全、经济可行的。

参考文献:

- [1] 水电工程施工组织设计规范,DL/T 5397-2007[S]
- [2] 水工隧洞设计规范,DLT 5195-2004[S].
- [3] 水利水电工程地质勘察规范,GB50487-2008[S].
- [4] 水利水电工程进水口设计规范,SL 258-2003[S].
- [5] 水工混凝土结构设计规范,DLT 5057-1996[S].
- [6] 水工(常规)模型试验规程,SL 155-95[S].

作者简介:

钟国华(1976-),男,四川宜宾人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

刘汉斌(1973-),男,四川屏山人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)